Sintaxe de LP

Linguagens de Programação 2016.2017

Teresa Gonçalves
tcg@uevora.pt

Departamento de Informática, ECT-UÉ

Sumário

Processo de compilação

Léxico, Sintaxe e Semântica da Linguagem

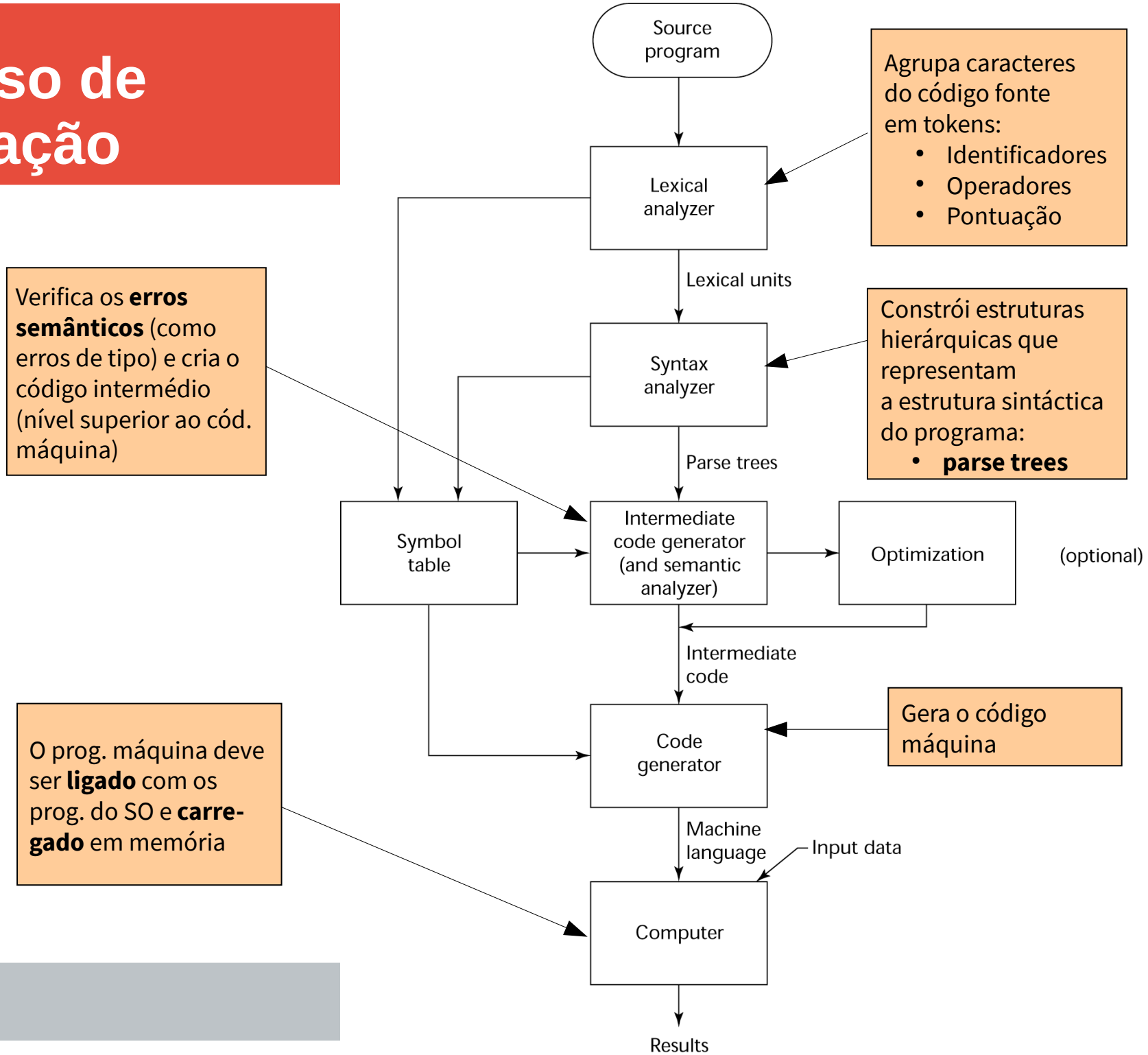
Gramáticas formais

Notação BNF

Derivação e árvore sintáctica

Ambiguidade

Processo de compilação



Exemplo (2)

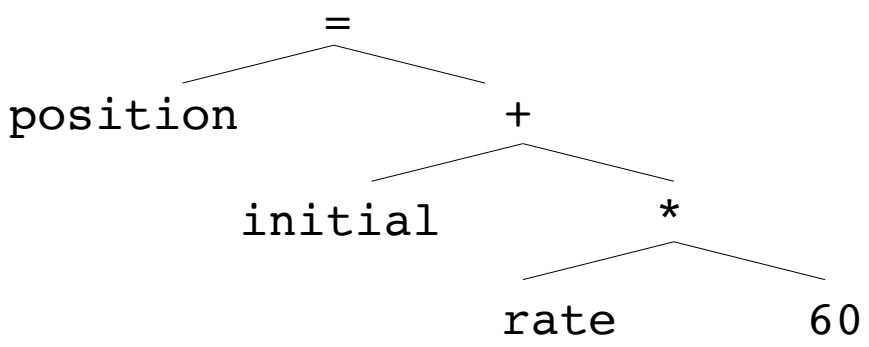
1.Input

position = initial + rate*60

2.Análise lexical

position, initial, +, rate, *, 60

3.Análise sintática



Exemplo (2)

4.Análise semântica

adiciona acções semânticas à análise sintáctica

5.Código intermédio

```
temp1 = convert_int_to_double(60)
temp2 = mult(rate, temp1)
temp3 = add(initial, temp2)
position = temp3
```

6.Código optimizado

```
temp1 = mult(rate, 60.0)
position = add(initial, temp1)
```

Exemplo (3)

7.Código máquina

```
movf rate, fp2
mulf #60.0, fp2
movf initial, fp1
addf fp2, fp1
movf fp1, position
```

Léxico da linguagem

Identifica

- As unidades de construção
  - Tokens (palavras-chave, operadores, identificadores)
  - Delimitadores
- Formato dos comentários

Especificação

- Informal
- Formal
  - Regras lexicais

Sintaxe da linguagem

Indica

Quais as construções legais na linguagem

Que relações podem existir entre as “unidades de construção”

Especificação

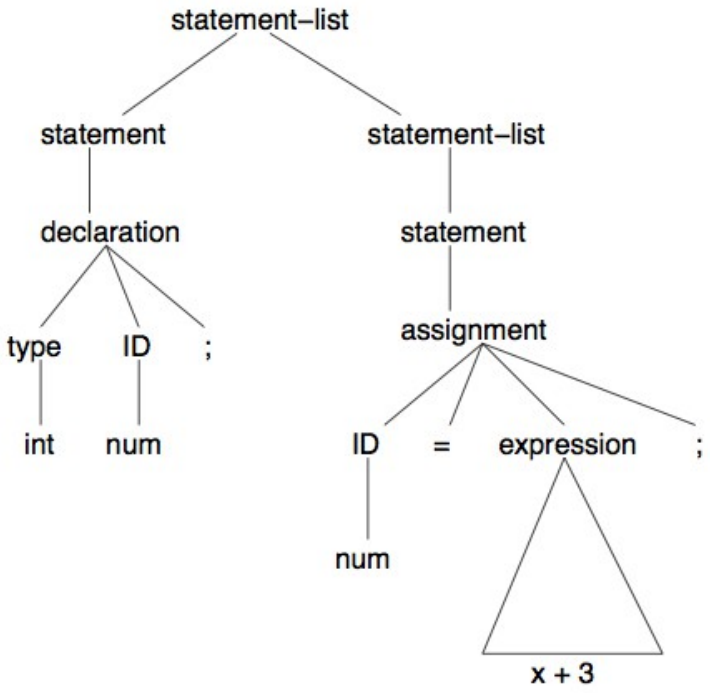
Informal

Formal

Existem vários formalismos

Exemplo

```
int num;
num = x+3;
```



Semântica da linguagem

Indica

- Qual o significado das construções legais
- Qual o efeito da execução do programa

Especificação

- Informal
  - Descrição em língua natural
- Formal
  - Existem vários formalismos
  - São de utilização difícil
  - Raramente adoptados

Gramática formal

Formalismo da sintaxe

Especifica que *strings* são possíveis numa linguagem

Existem várias categorias

Hierarquia de Chomsky

Categorias

Estrutura de frase

Sensível ao contexto

Livre de contexto

Regular (podem ser descritas por expressões regulares)

Características das categorias

Linguagem regular

Apenas pode descrever estruturas lineares não estruturadas

Linguagem livre de contexto

Pode descrever construções “aninhadas”, ligando pares de itens

Expressão regular

Notação

Fecho Kleene: *

0 ou mais repetições

Fecho Positivo: +

1 ou mais repetições

Alternância: |

Escolha

Outros

"(" e ")" utilizadas para agrupar

ε denota a *string* vazia (ou nula)

∅ denota a linguagem sem *strings*

Exemplos

(0|1)*

(a|b)*aa(a|b)*

Gramática livre de contexto (GLC)

Composta por 4 tipos de elementos

- Terminal (ou *token*)
  - Símbolo atómico da linguagem
- Não-terminal
  - Variável utilizada na gramática
- Símbolo inicial (um não-terminal especial)
  - Representa a construção de topo da linguagem
- Regra (ou produção)
  - Especifica uma forma de construir um não terminal a partir de uma sequência de tokens e não terminais

Notação para GLC

Forma Backus-Naur (BNF)

- Terminal
  - Escrito entre as regras
- Não-terminal
  - Representado entre “<” e “>”
  - `<empty>` representa a *string* vazia
- Símbolo inicial
  - Usualmente o primeiro símbolo não-terminal listado
- Produção
  - Não-terminal seguido de “→” e depois a lista de terminais e não terminais que a podem formar

Extensões ao BNF

Tornam o BNF mais conciso, mas não mais poderoso

Exemplos

- {`blah`} : 0 ou mais repetições de `blah`
- [`blah`] : denota que `blah` é opcional
- $^{+}$: denota 1 ou mais repetições
- ^{num} : denota `num` repetições
- ( ) : utilizados para agrupar

Exemplo

BNF

```
<expr> → <expr> + <term>
       | <expr> - <term>
       | <term>

<term> → <term> * <factor>
       | <term> / <factor>
       | <factor>
```

EBNF

```
<expr> → <term> { (+|-) <term> }

<term> → <factor> { (*|/) <factor> }
```

Derivação

O que é?

Sequência de aplicação de produções

Começando do símbolo inicial, aplicar as regras até existirem apenas símbolos terminais

Uma frase pertence à linguagem

se e só se existir uma **derivação** para ela

Árvore sintática

Mostra a estrutura de uma frase da linguagem

Análise sintática

Processo de produção da árvore sintática

Composição

A **raíz** é o símbolo inicial

As **folhas** são terminais

Cada nó interno e os seus filhos correspondem, por ordem, ao lado esquerdo e direito de uma produção da gramática

Uma frase pertence à linguagem

se e só se existir uma árvore sintática para ela

Exemplo

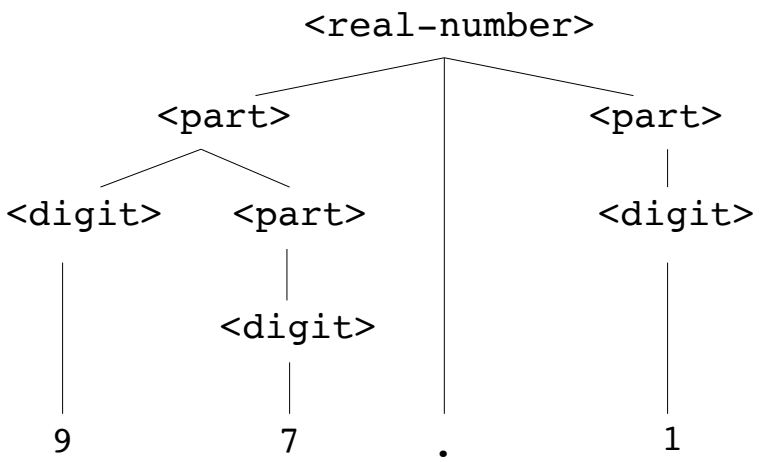
Gramática

<real-number> → <part>.<part>

<part> → <digit> | <digit><part>

<digit> → 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9

Qual a árvore sintática de 97.1?



Técnicas de análise sintática

Bottom-up

Começa com as folhas (*string* a analisar) e trabalha de forma ascendente de modo à chegar à raíz (símbolo inicial)

Top-down

Começa pela raíz (símbolo inicial) e trabalha de forma descendente até chegar às folhas (*string* a analisar)

Também designada **análise sintática recursiva descendente**

Análise top-down

Funcionamento

- Cada não-terminal
  - é representado por um sub-programa que analisa as strings geradas por esse não-terminal, de acordo com as regras de produção
- Quando precisa analisar outro não-terminal
  - Chama o correspondente sub-programa

Problema

- Requer **não recursividade à esquerda**
  - Para permitir saber qual o lado direito sem ver à frente (*look-ahead*)

Retirar a recursividade à esquerda

Exemplo

```
<expr> → <expr> + <term> | <term>
```

Soluções

Colocar a recursividade à direita

```
<expr> → <term> + <expr> | <term>
```

Remover a recursividade à esquerda

```
<expr> → <term> {+ <term>}
```

Factorizar à esquerda

```
<expr> → <term> [+ <expr>]
```

Ambiguidade

Gramática ambígua

Uma gramática é ambígua se e só se gerar uma frase ambígua

Frase ambígua

Uma frase é ambígua (com respeito a uma gramática) se e só se a gramática permitir gerar duas ou mais árvores sintáticas **distintas**

Atenção

Duas derivações distintas não tornam uma frase ambígua!

Exemplo 1

Gramática

```
<stm> → <asg-stm> | <loop-stm> | <if-stm>

<if-stm> → if <bool-exp> then <stm>
    | if <bool-exp> then <stm> else <stm>
```

Frase

```
if( xodd ) then
if( x==1 ) then
  print “bleep”;
else
  print “bloop”;
```

Desenhar 2 árvores sintáticas

Exemplo 2

Gramática

```
<stm> → <asg-stm> | <loop-stm> | <if-stm>

<if-stm> → if <bool-exp> then <stm>
    | if <bool-exp> then <stm> else <stm>
```

Frase

```
if( xodd ) then
  print “bleep”;
```

Desenhar

- árvore sintática
- 2 derivações

Gramática e linguagem

L(G)

linguagem gerada pela gramática G

G é ambígua se L(G) contém uma *string* com

mais que uma árvore sintática, ou

mais que uma derivação mais à esquerda (canónica)

A gramática de uma linguagem não deve ser ambígua!

Caso contrário, existem “strings” cuja semântica (significado) não é única!

Como retirar a ambiguidade?

Alterar a linguagem

Como?

Incluir **delimitadores**

Exemplo

```
<stm> → <asg-stm> | <loop-stm> | <if-stm>
<if-stm> → if <bool-exp> then <stm> fi
         | if <bool-exp> then <stm> else <stm> fi
```

Impôr **precedência** e **associatividade**

Precedência e associatividade

Impor precedência

- Introduzir um não-terminal para cada nível de precedência
  - Na gramática, ordenar da menor para a maior precedência

Impor associatividade

- Operador associativo à esquerda
  - Nas regras de produção, colocar o termo recursivo **antes** do termo não recursivo
- Operador associativo à direita
  - Nas regras de produção, colocar o termo recursivo **depois** do termo não recursivo

Exemplos

Precedência

```
<expr> → <expr> + <term>
       | <expr> - <term>
       | <term>

<term> → <term> * <factor>
       | <term> / <factor>
       | <factor>
```

Associatividade à esquerda

```
<term> → <term> * <factor>
```

Associatividade à direita

```
<expo> → <number> ^ <expo>
```

Lidar com a ambiguidade

A remoção da ambiguidade nem sempre é possível!

Uma linguagem ambígua não possui uma gramática não ambígua

Exemplo

$$L = \{a^i b^j c^k | i, j, k \geq 1, i = j \text{ ou } j = k\}$$

Escreva uma gramática

Desenhe 2 árvores sintácticas para $a^i b^i c^i$

Sintaxe das LP

Alguns aspetos da sintaxe não conseguem ser especificados com GLC

Exemplos

- Não declarar o mesmo identificador duas vezes no mesmo bloco
- Obrigar a declaração do identificador antes da sua utilização
- Obrigar que o nº de parâmetros actuais seja igual ao nº de parâmetros formais
- A[i,j] ser válido apenas se A for bidimensional

Solução

Especificar estes aspectos informalmente, separadamente da gramática formal

Implementação

Análise Lexical

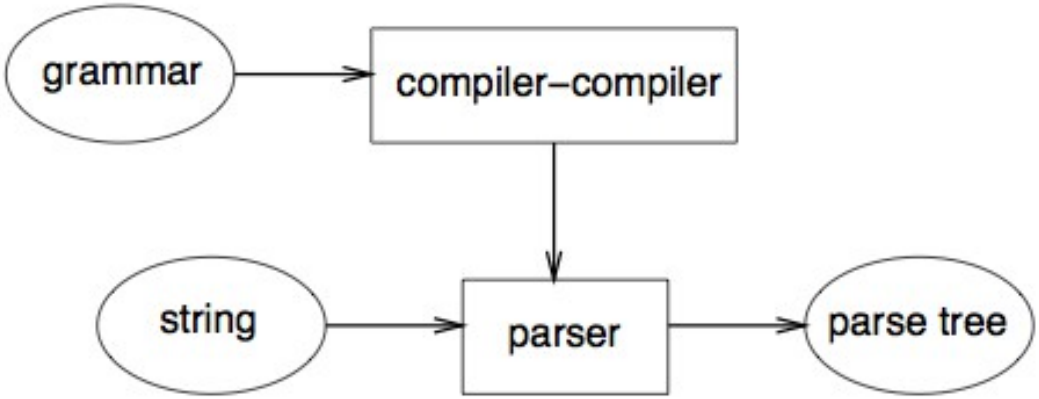
- gramáticas regulares
- autómatos de estados finitos

Análise Sintática

- gramáticas livres de contexto
- algoritmos de análise sintática

Ferramentas

Compiler-compiler



Exemplos

- Yacc / Bison
- JavaCC
- CUP